

別紙1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏 名 Rimi Rashid

本研究は、複数のアンテナで受信した電波を RF (高周波) 帯で直接信号処理する新しい機能アンテナに関するものであり、電波の到来方向にアンテナの主ビームを向けるビーム追尾アンテナや広い角度の到来角推定を可能とするアンテナ、2 軸の到来角推定を可能とするアンテナを提案している。これらのアンテナはいずれも、RF 信号処理を実現するマイクロ波回路とアンテナ素子を一体複合化するというコンセプトに基づいたものであり、非常にシンプルな構成で実現されている。

本論文は、全 6 章で構成されている。

第 1 章では、本研究の背景、無線通信システムやレーダシステムおよびこれらに用いられるアンテナ技術の動向、研究の目的と手法、論文の構成について述べている。

第 2 章では、マイクロストリップアンテナと両平面回路技術を用いた合成分配回路やマジック T について述べている。これらの回路は、高周波信号の加算、減算、乗算といった信号処理をするうえで不可欠な回路であり、その代表的な特性をシミュレーションにより示している。

第 3 章では、平面型マジック T、移相器およびアンテナ素子を集積した新しい構成のビーム追尾アンテナを提案している。ビーム追尾の原理は、2 つのアンテナで受信した信号をマジック T を用いて RF 帯で信号処理し、その和成分と差成分を算出し、差成分が最小となるように移相器を制御することによりアンテナの主ビームを電波の到来方向へ向けるものである。電波が斜め方向から到来した場合、2 つのアンテナで受信した信号には位相差が生じる。このため、通常のアレーアンテナで用いる同相合成回路では到来角度が大きくなるにつれてアンテナ利得

が低下するという問題がある。これは、受信信号の位相差に伴う差成分がキャンセルされることにより生じるものである。したがって、移相器を調節して差成分が 0 となるよう位相差を補償することにより斜め方向から到来した場合でも高い利得を実現することができる。このために受信信号の差成分を検出することが必要となるが、本提案アンテナでは平面型マジック T を用いることで簡易な構成でこれを実現している。

第 4 章では、モノパルス方式による到来角推定アンテナの広角度化について述べている。従来のモノパルス方式の到来角推定では、2 つのアンテナで受信した信号の和成分と差成分の大きさのみを用いて到来角を推定していた。和成分と差成分は、到来波がアンテナの正面方向に対して右方向から来ているか左方向から来ているかによって位相の進み遅れが逆転する。しかしながら、従来のモノパルス方式では和成分と差成分の大きさのみを用いるため、到来方向の左右に対して同じ出力を与え、左右を区別することができなかった。これに対して、提案アンテナでは RF 乗算器を組み込むことにより和成分と差成分の位相関係を検出できるようにしている。これにより、到来方向の左右を区別することができるようになり、モノパルス方式到来角推定アンテナの広角度化を実現している。

第 5 章では、モノパルス方式到来角推定アンテナを 2 軸に拡張した機能アンテナについて述べている。本アンテナでは、2 層の誘電体基板とリングスロットアンテナを用いることにより、到来角推定に必要な和・差成分を x 軸方向と y 軸方向で別々に取り出せるよう構成しているところが特徴的なところである。従来のモノパルス方式到来角推定アンテナでこのような構成を実現しようとした場合には、給電回路に立体交差などが必要となり、回路構成が非常に複雑となる。これに対して、本提案アンテナでは 2 層の誘電体基板とリングスロットアンテナを用いることで、この問題を解決している。

第6章では、各章を要約し、本論文を総括している。

本論文では、各アンテナの動作原理を理論的に説明するとともに、シミュレーションと試作によりその特性を詳細に検討している。これらのアンテナは、基板の両面に配置したマイクロストリップ線路とスロット線路を有効に活用した構造のアンテナであり新規性に富むものである。近年は、あらゆるものが無線によりインターネットにつながる IoT (Internet of Things) の時代になり、自動車にもレーダが搭載されるようになった。本論文は、このような応用分野のアンテナ技術に対して新しい知見を与えるものである。

平成30年2月15日に実施した博士論文公聴会においても種々の質問がなされ、いずれも著者の説明により質問者の理解が得られた。

また、本研究は、審査付き学術論文1編、査読付き国際会議論文2編などで報告されている。また、本審査用論文提出後に審査付き学術論文1編が出版されており、著者は研究者としての十分な能力を有していると言える。

以上の審査結果に基づき、本論文は博士（工学）の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員一致で合格と判定した。